

[54] Title of the Invention: Industrial Robot Having Variable Working Range

[11] Japanese Patent Laid-Open No.: 63-77692

[43] Opened: Apr. 7, 1988

[21] Application No.: 61-222931

[22] Filing Date: Sep. 19, 1986

[72] Inventor(s): Wakabayashi et al.

[71] Applicant: Omron Corporation

[Claims]

1. An industrial robot having a variable working range, comprising:
 - a robot arm driven by forward-reverse rotation of a joint;
 - a mechanical stopper provided at the joint, for limiting a working range of the robot arm;
 - an angle detector for measuring a rotation angle of the robot arm from a predetermined position within the working range to a position of the mechanical stopper;
 - a data memory for calculating position data of a software limit based on the angle measured by the angle detector and for store the position data.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a front view of an industrial robot according to an exemplary embodiment of the present invention. Fig. 2 is a circuit block diagram of a controller of the robot. Fig. 3 shows an angle range of a rotation angle at a first joint. Fig. 4 is a diagram provided by exploding Fig. 3 on a straight line. Fig. 5 is a flowchart showing a procedure of calibration. Fig. 6 shows a change in a current during the calibration. Fig. 7 is a flowchart showing a procedure of changing a contact position of a mechanical stopper.

[Reference Numerals]

- 1-3 Joint
- 4-6 Arm
- 11-19 Mechanical Stopper
- 21 CPU
- 22 ROM
- 23, 24 RAM

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-77692

⑬ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)4月7日

B 25 J 19/06
G 05 B 19/405

7502-3F
K-8225-5H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 作動範囲可変装置付き産業用ロボット

⑯ 特 願 昭61-222931

⑰ 出 願 昭61(1986)9月19日

⑱ 発 明 者 若 林 尚 之 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 立石電機株式会社
内

⑲ 発 明 者 荒 尾 真 樹 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 立石電機株式会社
内

⑳ 出 願 人 立石電機株式会社 京都府京都市右京区花園土堂町10番地

㉑ 代 理 人 弁理士 鈴木 由充

明 細 書

1. 発明の名称

作動範囲可変装置付き産業用ロボット

2. 特許請求の範囲

① ロボット関節部を正逆回転してロボットアームを駆動する産業用ロボットにおいて、

前記ロボットアームの作動範囲を規制するためのロボット関節部に配設される設置位置可変のメカニカルストップと、

前記ロボットアームの作動範囲内の所定位置から前記メカニカルストップの設置位置までのロボットアームの回転角度を計測するための角度計測手段と、

この角度計測手段による計測値に基づきソフトウェアリミットの位置データを算出してこれを保持するデータ設定保持手段とを具備して成る作動範囲可変装置付き産業用ロボット。

② 前記ロボット関節部は、サーボモータで駆動される特許請求の範囲第1項記載の作動範囲可変装置付き産業用ロボット。

③ 前記角度計測手段は、アクチュエータに接続されるロータリエンコーダを構成として含む特許請求の範囲第1項記載の作動範囲可変装置付き産業用ロボット。

④ 前記データ設定保持手段は、角度計測手段による計測値に基づきソフトウェアリミットの位置データを演算するCPUと、この位置データを記憶するメモリとから成る特許請求の範囲第1項記載の作動範囲可変装置付き産業用ロボット。

3. 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

この発明は、ロボットアームの作動範囲を可変設定できる機能を備えた作動範囲可変装置付き産業用ロボットに関する。

<従来の技術>

従来の産業用ロボットにおいて、各関節部での作動角度範囲を規定するのに、ロボットアーム(以下、単に「アーム」という)の正負回転方向の各終端位置に対応してメカニカルストップ

バ（以下、「メカストップバ」と称する）が配設してある。またこのメカストップバの内側位置にはマイクロスイッチや光電スイッチなどのアーム検出器が配設してあり、このアーム検出器がアームを検出したときロボット駆動用アクチュエータ（例えばサーボモータ）を停止させて、アームとメカストップバとの衝突を防止したり、或いは衝突時の衝撃を緩和するようになっている。

さらにこのアーム検出器の内側位置には「ソフトウェアリミット」と呼ばれるソフトウェアによるストップバが設けてあり、これにより教示作業中にアームが前記アーム検出器で検出されないような構成となっている。このソフトウェアリミットは、アームの有効作動角度範囲の両端位置データを予めROMなどのメモリに記憶させておき、アームの動作時に、アクチュエータの位置検出器の出力を前記メモリに格納された位置データと比較し、前記検出出力が位置データを越えたときにアームの動作を停止させる

ものである。

上記のメカストップバやアーム検出器は、ロボット自体の保護に有効であるだけでなく、その周辺の人間（例えば作業者）や周辺機器に対する保護にもきわめて有効に機能する。近年ロボットシステムが多くの生産現場等に導入されてきており、人間や周辺機器に対する安全性が特に重要視されている。その結果、ロボットシステムの導入現場ではアームの作動範囲をフルに使うような作業はむしろ稀であることが認識されるに至り、このため安全性やスペースの有効利用の点からアームの作動範囲を必要最小限に狭くして使用する要請が強くなっている。

<発明が解決しようとする問題点>

上記の要請に対処するため、メカストップバの設置位置を変更できる構成とすることも可能であるが、これだとソフトウェアリミットがメカストップバの位置より外側に位置することになって、ソフトウェアリミットの存在意義が消失し、使い勝手が悪くなる。またこのメカストップバを

利用して関節部のキャリブレーションを実施する方式の産業用ロボットの場合、上記のようにメカストップバを移動すると、キャリブレーションの実施に支障をきたすこととなり、實際上、安全性の向上やスペースの有効利用をはかることが困難であった。

この発明は、上記問題を解消するためのものであって、メカストップバの設置位置を可変となし且つそれに伴ってソフトウェアリミットの位置を自動設定可能とすることにより、アームの作動範囲を必要最小限に狭くすることを可能とし、もって安全性の向上やスペースの有効利用をはかることのできる作動範囲可変装置付き産業用ロボットを提供することを目的とする。

<問題点を解決するための手段>

上記目的を達成するため、この発明の産業用ロボットでは、

アームの作動範囲を規制するためのロボット関節部に配設される設置位置可変のメカストップバと、

前記アームの作動範囲内の所定位置から前記メカストップバの設置位置までのアームの回動角度を計測するための角度計測手段と、

この角度計測手段による計測値に基づきソフトウェアリミットの位置データを算定してこれを保持するデータ設定保持手段とを具備させることにした。

<作用>

メカストップバの位置を変更するとき、角度計測手段によりアームの作動範囲内の所定位置から前記メカニカルストップバの位置までのアームの回動角度が計測された後、データ設定保持手段によりこの計測値に基づきソフトウェアリミットの位置データが自動的に算定されてこれが保持される。よってこの発明によれば、ソフトウェアリミットがメカストップバより外側に位置してその存在意義が消失したり、或いはキャリブレーションの実施に支障をきたす等の虞がなく、アームの作動範囲を必要最小限に狭くできる。

<実施例>

第1図はこの発明の一実施例にかかる多関節型の作動範囲可変装置付き産業用ロボットの全体構成例を示す。

図示例のロボット本体RBは、3個の関節部1~3において $\theta_1 \sim \theta_3$ の回転自由度を有し、第1~第3の各アーム4, 5, 6がそれぞれ回転軸7, 8, 9を中心に正逆回転する。前記各アーム4, 5, 6は駆動機構としての直流サーボモータ $M_1 \sim M_3$ （第2図に示す；以下、単に「モータ」という）によってそれぞれ独立駆動されるもので、前記各関節部1~3には各アーム4, 5, 6の回転角度範囲を規定するためのメカストップ11~19が配設されている。

すなわち第1関節部1においては、第1アーム4の正負回転方向の各終端位置にメカストップ11, 12が配置されると共に、ベース部10に第1アーム4が正逆回転したとき前記メカストップ11, 12と当接する相手のメカストップ17が配設されている。同様に第2関節部2

では第2アーム5側にメカストップ13, 14が、第1アーム4側にその相手のメカストップ18が、それぞれ配設され、さらに同様に第3関節部3では第3アーム6側にメカストップ15, 16が、第2アーム5側にその相手のメカストップ19が、それぞれ配設されている。

前記メカストップ13~16は、その設置位置の変更が可能であるように、対応する各アーム4, 5, 6に取り付けられている。この実施例ではそれぞれアームの正負回転方向に複数個のネジ穴（図示せず）を所定角度毎に予め設けておき、このうちいずれかネジ穴を選択して前記各メカストップ11~16をネジ込み固定することにより、各アームの作動角度範囲が大小設定できるよう構成されている。

第2図は、上記産業用ロボットの制御装置20の回路構成例を示す。

図示例において、CPU21はROM22やバッテリバックアップされたRAM23, 24、さらにはキーボード25やCRT26とともに

マイクロコンピュータを構成しており、命令解析、指令値計算、位置制御演算等の各種演算や処理を実行する。ROM22はロボット制御用のシステムプログラム等を格納し、一方のRAM23は演算結果、ユーザプログラムその他データを、また他方のRAM24は後述するメカストップ11~16の位置に関する情報を、それぞれ記憶する。またキーボード25はCPU17に対する入力用であり、CRT26は演算結果や案内文字等を出力表示する。

CPU21の出力はサーボアンプ $A_1 \sim A_3$ に与えられており、これらのサーボアンプ $A_1 \sim A_3$ はCPU21からのそれぞれの出力値（電流指令値）を増幅して、第1~第3関節部1~3の各モータ $M_1 \sim M_3$ へ与える。エンコーダ $E_1 \sim E_3$ は、モータ $M_1 \sim M_3$ にそれぞれ取り付けられたインクリメンタル形のロータリーエンコーダであって、それぞれエンコーダ $E_1 \sim E_3$ は、A相およびB相出力として回転角度に応じた出力パルス（例えば1回転につき

1000パルス）をCPU21へ出力すると共に、Z相出力として回転の基準位置を与える基準信号（例えば1回転につき1パルス）を基準信号検知回路26へ出力する。この基準信号検知回路26は、いずれかエンコーダ $E_1 \sim E_3$ より基準信号出力を受ける毎にCPU21へ割込み信号を与えるものであり、この実施例の場合、CPU21の側ではこの割込みを許可または不許可とするためのマスク設定やマスク解除を行うようになっている。

第3図は、一例として第1関節部1についての回転軸7の回転角度範囲 α_1 と、その両端に位置するメカストップ11, 12と、相手メカストップ17との当接位置 S_1 , S_2 とを例示したものである。同図の各メカストップ11, 12は第1アーム4に最大作動範囲を与える最も外側のネジ穴にセットされており、また図示例の場合、前記回転角度範囲 α_1 の中間位置に原点P₁が設定されている（他の関節部も同様）。なお図中Z₁~Z₃は、回転軸7の回転時にエ

ンコーダE_iが2相出力(基準信号)を出力する角度位置を示している。

上記原点P_i(ただしi=1,2,3)の位置合わせ(キャリブレーション)はエンコーダE₁~E₃の基準信号(2相出力)を利用して、電源投入後に実施されるもので、その具体的手順を第5図に示す。

なおこのキャリブレーションにおいては、前記CPU21は、各関節部1~3においてメカストップの当接を検知する検知手段として機能する他、キャリブレーションに関連する各種演算や処理を実行し、またROM22は、キャリブレーションを実行するためのプログラムを格納するのに用いられる。

第5図のスタート時点で、CPU21はキーボード25よりキャリブレーションの実行命令があると、ステップ1(図中、「ST1」で示す)において基準信号検知回路26からの割込みを不許可するためにマスク設定を行う。つぎにCPU21は全モータM₁~M₃を一斉駆動

して回転軸7~9を正方向へ回転させる(ステップ2)。かくして回転軸7~9がそれぞれ適当角度回転し、いずれか関節部においてメカストップに当接すると、CPU21はこれを検知してステップ3の判定が「YES」となる。この判定は、第6図に示す如く、アームがメカストップに当接したときモータ電流が図中AからBへ急激に増加することに着目し、モータ電流の値が予め設定してある基準値I₁に達することによって行うものである。なおメカストップの当接検出後は、モータ電流は一定値I₁を保持させておく(ステップ5)。

全ての関節部1~3においてメカストップに当接して、CPU21がこれを次々に検出すると、ステップ4の判定が「YES」となってステップ6へ進み、CPU21はまず基準信号検知回路26からの割込みを許可すべく前記マスクを解除する。ついでCPU21はモータを逆転させて各回転軸を順次負方向(前記と反対方向)へ低速で回転させ、対応するエンコーダE₁~

E₃から最初の基準信号を検知すべく待機する。そして各関節部1~3においてCPU21がこの基準信号を検知すると、これと同時に予めROM22からRAM24にセットしてある原点P_iからの角度を現在位置としてRAM23に設定する。この現在位置は、その後アームが回転するに従って順次更新されてゆくデータである。

第4図は、第3図の正方向角度範囲(同図の右側半分)を直線上に展開して示したものであり、同図中α₁は最初の基準信号検知時にRAM23に設定される原点P₁からの角度である。

第7図は、メカストップの当接位置を変更する手順を示しており、以下、第4図に示す第1関節部1につきメカストップ11の当接位置をS₁からS₂へ変更する場合を例に挙げて具体的に説明する。

第7図において、そのスタート時点では前記したキャリブレーションが終了しており、まず同

図のステップ11で第1アーム4を回動して原点P₁の位置へ移動させる。つぎにステップ12でメカストップ11の設置位置をS₁からS₂へ変更した後、つぎのステップ13でCPU21は基準信号検知回路26からの割込みを不許可するためにマスク設定を行う。つぎにステップ14でCPU21はモータM₁を駆動して回転軸7を正方向へ回転させ、第1アーム4がS₂の位置でメカストップ11に当接したかどうかを検知する(ステップ15)。

CPU21がメカストップ11との当接を検知すると、ステップ15の判定が「YES」となり、つぎのステップ16でそのときの原点P₁からの角度β₂をエンコーダE₁の計数出力を読み取ることにより測定する。つぎにCPU21はステップ17で基準信号検知回路26からの割込みを許可すべく前記マスクを解除した後、ステップ18でモータM₁を逆転させアーム4を負方向へ回転させて、エンコーダE₁から最初の基準信号を第4図中、Z₁の位置で検知する。

そしてこの信号検知と同時にこのときの原点 P_1 からの角度 α_1 が測定され、この角度 α_1 が前記の角度 α_0 に代わって RAM 24 に記憶せられ (ステップ 19)、以後のキャリブレーションにおける初期設定値として使用されることになる。さらに続くステップ 20 で、この角度 α_1 または前記角度 β_0 からある一定角度 (例えば 1°) 減じた値 β_1 が従前の角度 β_0 に代わってソフトウェアリミットの位置データとして RAM 23 に設定される。

かくしてロボットの教示時や自動動作時において、CPU 21 は各関節部 1~3 における回転軸 7~9 の回転角度の指令値および測定値を RAM 23 に設定されたソフトウェアリミットの位置データ β_0 と常に比較し、この値を越えたときその旨を CRT 26 に表示すると共に、対応するモータを停止させる。

また新たなメカストップ位置でのキャリブレーションについては、従来の初期設定値が α_0 から α_1 に置き代わっているので、前記第 5 図

に示す手順を同様に実行することでその目的は達せられる。

なお上記では、一方のメカストップ 11 の位置を変更する場合についてのみ説明したが、同様のアルゴリズムにより他方のメカストップ 12 についての位置変更、さらにはソフトウェアリミットの位置変更が可能であることは勿論である。

< 発明の効果 >

この発明は上記の如く、メカストップの設置位置を可変となし且つそれに伴ってソフトウェアリミットの位置を自動設定可能としたから、使い勝手の悪化を招かずかつキャリブレーションの実施に支障をきたすことなく、ロボットアームの作動範囲を必要最小限に狭くすることができ、ロボット周辺の人間や機器に対する安全性を向上でき、また周囲のスペースの有効利用をはかることができる等、発明目的を達成した顕著な効果を奏する。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図はこの発明の一実施例にかかる産業用ロボットの全体概略構成を示す正面図、第 2 図は産業用ロボット制御装置の回路構成例を示すブロック図、第 3 図は第 1 関節部における回転軸の回動角度範囲の一例を示す図、第 4 図は第 3 図の一部を直線上に展開した図、第 5 図はキャリブレーション動作の手順を示すフローチャート、第 6 図はキャリブレーション時におけるモータ電流の変化を示す図、第 7 図はメカストップの当接位置を変更する手順を示すフローチャートである。

1~3 ... 関節部 4~6 ... アーム
11~19 ... メカストップ
21 ... CPU 22 ... ROM
23, 24 ... RAM

特 許 出 願 人 立 石 電 機 株 式 会 社

代 理 人 弁 理 士 鈴 木 由 充



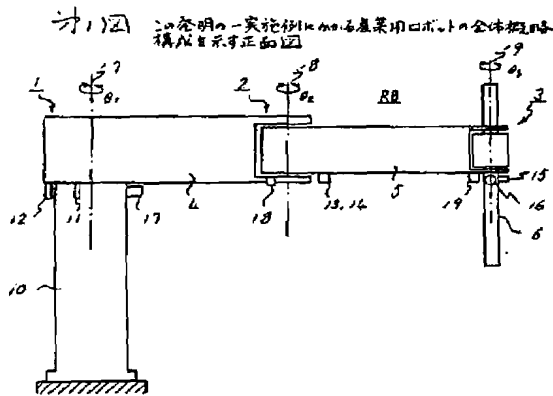


図2 産業用ロボット制御装置の回路構成例を示すブロック図

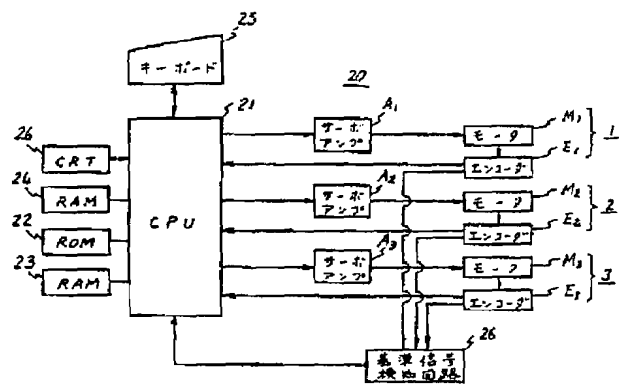
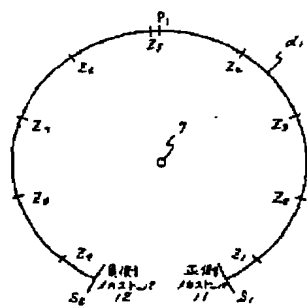


図3 図1の関節部における回転軸の回転角度範囲の一例を示す図



1~3 ... 関節部
4~6 ... アーム
11~19 ... マスタツプ
21 ... CPU
22 ... ROM
23, 24 ... RAM

図5 図1のロボット動作の手順を示すフローチャート

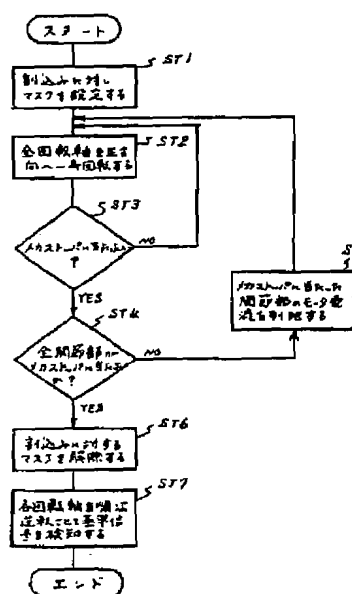


図7 図1のロボット動作の手順を示すフローチャート

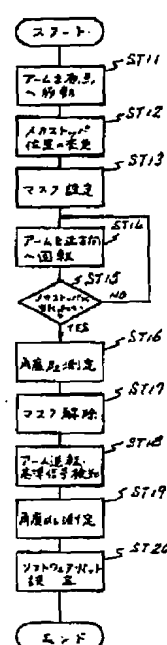


図4 図1のロボットの一部の動作の様子を示す図

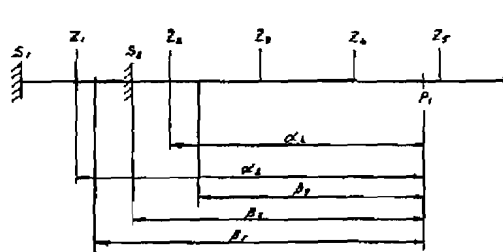


図6 図1のロボット動作の手順を示すフローチャート

